

*Attention, ce document s'adresse à des personnes désirant s'informer d'une manière générale sur le thème présenté. Les informations présentes dans ce document ont un but d'information et ne sont pas des suggestions cliniques. Les résultats présentés sont issus de la recherche et sont à mettre en regard de contextes particuliers (e.g. les effets sont souvent montrés chez des sujets sains, ou chez certains types de patient, atteints d'un certain type de maladie). Si vous souhaitez des informations personnalisées sur le sujet, contactez le centre de médecine du sport du CHUV.*

## La fatigue neuromusculaire

### Qu'est-ce que la fatigue ?

La fatigue est une notion qu'on emploie et qu'on entend très régulièrement au quotidien. Malgré son utilisation particulièrement démocratisée, ce terme est en fait plutôt mal connu et est parfois employé pour définir des éléments très différents.

La fatigue est un état physiologique engendré par des contraintes pouvant être physiques, physiologiques ou psychiques. Par exemple, cet état est tout à fait normal après un effort ou une surcharge de travail mais il est capital de savoir doser ses efforts et de pouvoir la gérer afin de ne pas atteindre un état de fatigue chronique qui peut devenir problématique. En effet, dans le domaine scientifique on distingue la fatigue chronique, qui impacte la qualité de vie et la capacité à faire des activités au quotidien, et la fatigue aiguë, qui est une réduction provisoire de la capacité à produire une force ou une puissance maximale (Twomey et al., 2017).



*Figure 1 La fatigue génère une baisse des performances.*

Dans le champ sportif, pour distinguer une fatigue normale et justifiée d'une fatigue qui provient d'une charge de travail trop importante et qui s'accumule, on utilise les termes anglais suivants :

- Functional overreaching (FOR) = Surmenage/ Dépassement fonctionnel de courte durée
- Nonfunctional overreaching (NFOR) : Surmenage/ Dépassement non-fonctionnel extrême
- Overtraining syndrome (OTS) : Syndrome de surentraînement (nécessite une récupération de plusieurs mois) (Meeusen et al., 2013)

La fatigue neuromusculaire est la fatigue qui agit sur le système nerveux et le système musculaire. Elle influence la capacité à produire une performance, qu'elle soit physique ou cognitive. Elle peut être active à plusieurs échelons de la production de performance. C'est la fatigue globale qui va influencer sur la performance mais celle-ci peut trouver son origine à différents étages du système et peut être engendrée par de multiples facteurs.

Pour mieux comprendre l'effet de la fatigue neuromusculaire, il est nécessaire de comprendre le fonctionnement de la contraction d'un muscle. De multiples mécanismes sont à l'origine de la contraction alliant des transmissions d'informations électriques et chimiques.

Pour se contracter, un muscle doit recevoir une information électrique, c'est un message délivré par le système nerveux à la fibre musculaire. Ce message part du cerveau sur une commande volontaire ou de la moelle épinière lorsque c'est un réflexe et il est transmis sous forme de signal électrique.

Puis le couplage excitation-contraction est la phase où le signal nerveux est transformé en un signal intracellulaire. L'arrivée du potentiel d'action (transmettant le signal électrique) va engendrer une libération de calcium qui permet l'excitation (Ebashi, 1991).

Cette excitation va permettre la contraction à proprement parler. Ce sont des protéines (principalement la titine, l'actine et la myosine) et leurs déplacements qui vont amener la contraction musculaire. C'est le glissement des filaments d'actine sur la myosine qui va générer la contraction des fibres musculaires (Huxley, 1957).

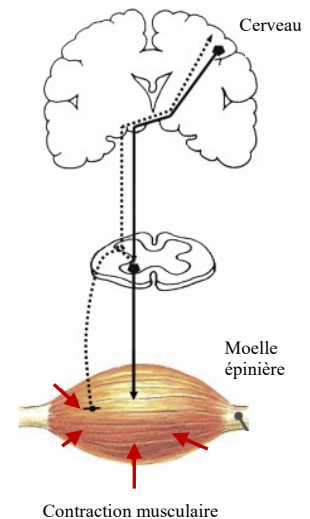


Figure 2 Transmission du message pour la contraction du muscle (source : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1779012313003598>)

La contraction peut être :

- isométrique : sans changement de longueur du muscle
- concentrique : avec un raccourcissement du muscle
- excentrique : lorsque le muscle s'étire pendant la contraction

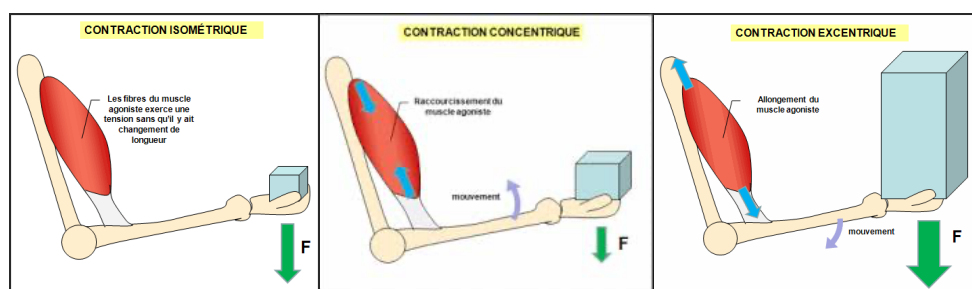


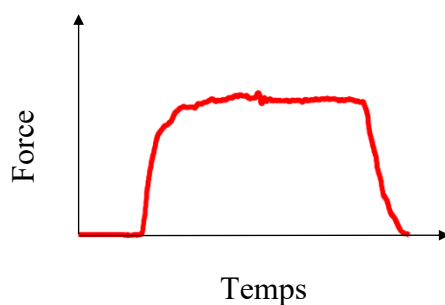
Figure 3 Différents régimes de contraction existent.

La dernière phase est la relaxation, la contraction se termine. Le réticulum sarcoplasmique, une structure stockant le calcium se trouvant au sein des fibres musculaires, récupère le calcium qui permettait la contraction et celui-ci pour être utilisé pour la prochaine contraction (Lee, 2010).

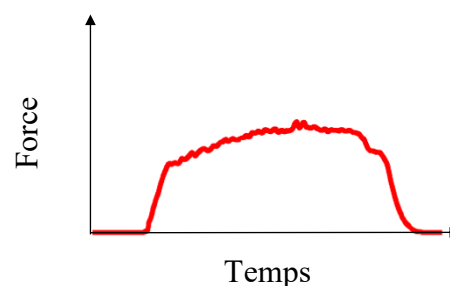
### D'où provient la fatigue ?

Comme son nom l'indique, la fatigue neuromusculaire peut être d'origine nerveuse ou musculaire. Afin d'identifier son origine, de nombreuses mesures sont applicables en laboratoire (Place & Millet, 2020).

Pour mesurer la fatigue globale induite par l'exercice, on utilise la contraction maximale volontaire (CMV). C'est une contraction brève et maximale d'un muscle ou d'un groupe de muscles avec un feedback visuel et des encouragements (Gandevia et al., 1996). Le but de cette mesure est de déterminer la force maximale qu'un sujet peut produire. Elle est ensuite répétée après une tâche afin de déterminer si cette tâche a engendré de la fatigue. Cette fatigue est une fatigue globale dans la mesure où la contraction maximale volontaire est une performance à part entière englobant donc des facteurs nerveux et des facteurs musculaires. Ainsi dans la littérature, la fatigue neuromusculaire est souvent définie comme une diminution de la force maximale volontaire (Gandevia, 2001).



*Figure 3 Contraction maximale volontaire maintenue pendant 3 secondes sans influence de la fatigue.*



*Figure 4 Contraction maximale volontaire pendant 3 secondes après un exercice fatiguant.*

Ces exemples de contractions montrent l'effet de la fatigue sur une production de force. Dans cet exemple, la force produite par une flexion du pied a été mesurée sur un sujet sain. La force maximale atteinte n'est pas la même pour ce sujet avant et après un exercice fatiguant alors que la demande était la même : maintenir une contraction maximale du mollet pendant 3 secondes. C'est la preuve de la présence de fatigue.

Afin de déterminer plus précisément l'origine de la fatigue, l'utilisation d'autres méthodes est nécessaire. Ces méthodes vont consister à déterminer l'origine de la fatigue par élimination. Il s'agit de déterminer le ou les sites impliqués dans l'altération de la production de force maximale.

En fonction de l'origine de la baisse de production de force, on distingue deux principaux types de fatigue neuromusculaire (Bigland-Ritchie, 1981):

- La fatigue centrale : la fatigue qui trouve son origine au niveau du cerveau (supra-spinale) et au niveau de la moelle épinière (spinale) ;
- La fatigue périphérique : celle qui est originaire d'altérations au niveau musculaire. Elle peut être due à la variation de l'excitabilité musculaire, du couplage excitation-contraction ou de la contractilité musculaire.

A titre d'exemple, on peut comparer une baisse de force en faisant une contraction maximale volontaire et une contraction musculaire de type réflexe (donc qui n'est pas commandée par le cerveau) avant et après un exercice fatigant. Ainsi, si une perte de force est présente pour la contraction maximale volontaire après avoir effectué l'exercice et on ne constate aucune diminution de la force produite lors de la contraction réflexe entre la mesure avant et la mesure après l'exercice, on peut en déduire que la fatigue est essentiellement supra-spinale (donc de type centrale et au niveau de la commande du cerveau).

De la même manière si on observe une fatigue lors de la CMV et que la perte de force est la même lors de la contraction engendrée par une stimulation qui va impliquer une contraction par voie réflexe générée au niveau de la moelle épinière, cela veut dire que la fatigue est essentiellement périphérique. Des méthodes de mesure et de stimulations variées permettent ensuite de déterminer encore plus précisément le site où l'essentiel de la perte de force trouve son origine (Cheng et al., 2018; Place et al., 2010).

### **Dans la pratique**

Comme expliqué, les types de fatigue sont nombreux et la fatigue chronique doit être distinguée d'une fatigue aiguë, qui est une étape naturelle pour générer des adaptations structurelles ou nerveuses.

La fatigue chronique est problématique et s'installe lors d'une accumulation d'une ou de plusieurs sources de fatigue aiguë. Le manque de sommeil, le stress, la malnutrition peuvent

engendrer un état de fatigue chronique. Celle-ci peut également être engendrée par des altérations liées à la surcharge d'entraînement ou encore par des maladies telles que le cancer ou la sclérose en plaques (Twomey et al., 2017).

Dans la pratique, ce type de fatigue augmente la perception de l'effort et limite la capacité d'endurance dans les activités physiques et mentales. Elle peut se traduire par des troubles dans la transmission du signal nerveux ou une fatigabilité accrue lors de la contraction musculaire (Chaudhuri & Behan, 2004).

La fatigue aiguë est quant à elle beaucoup plus commune. Elle est essentielle et il faut savoir l'utiliser à bon escient afin de maximiser les adaptations. Les entraînements fonctionnent de manière à induire des adaptations physiologiques et une amélioration de la performance en passant par un état de fatigue. Les contraintes appliquées au corps qu'elles soient musculaires ou cardiovasculaires amènent une fatigue aiguë diminuant la capacité de performance pendant une période de temps. Puis la récupération permet d'atteindre à nouveau initial et même à le dépasser à force de générer des stimuli et des contraintes suffisants à générer des adaptations (Hughes et al., 2018).

Le passage par une phase de fatigue est donc nécessaire à l'amélioration des performances physiques.

### **En résumé**

La fatigue est un concept très complexe et multifactoriel influencé par des aspects sociaux, environnementaux, économiques et qui a des répercussions médicales (Joyner, 2016). Elle se présente sous de nombreuses formes et peut trouver son origine dans divers sites du système neuromusculaire. Il est très important d'être capable de la détecter et de la gérer afin d'éviter des troubles autant au niveau du quotidien qu'au niveau de la santé. Elle peut être à la fois très utile et très néfaste et les manières de réguler une fatigue devenant pathologique sont des recommandations communes à beaucoup d'autres troubles : se reposer, éviter les sources de stress, adopter une alimentation saine et équilibrée et accorder de l'importance à un sommeil suffisant et de qualité et pratiquer une activité physique régulière.

## Bibliographie

- Bigland-Ritchie, B. (1981). EMG and Fatigue of Human Voluntary and Stimulated Contractions. In *Ciba Foundation Symposium 82—Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms* (p. 130-156). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470715420.ch9>
- Chaudhuri, A., & Behan, P. O. (2004). Fatigue in neurological disorders. *Lancet (London, England)*, 363(9413), 978-988. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)15794-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)15794-2)
- Cheng, A. J., Place, N., & Westerblad, H. (2018). Molecular Basis for Exercise-Induced Fatigue: The Importance of Strictly Controlled Cellular Ca<sup>2+</sup> Handling. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(2). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029710>
- Ebashi, S. (1991). Excitation-contraction coupling and the mechanism of muscle contraction. *Annual Review of Physiology*, 53, 1-16. <https://doi.org/10.1146/annurev.ph.53.030191.000245>
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81(4), 1725-1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- Gandevia, S. C., Allen, G. M., Butler, J. E., & Taylor, J. L. (1996). Supraspinal factors in human muscle fatigue: Evidence for suboptimal output from the motor cortex. *The Journal of Physiology*, 490 ( Pt 2), 529-536. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1996.sp021164>
- Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to Endurance and Strength Training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8(6). <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769>
- Huxley, H. E. (1957). The double array of filaments un cross-striated muscle. *The Journal of Biophysical and Biochemical Cytology*, 3(5), 631-648.
- Joyner, M. J. (2016). Fatigue: Where Did We Come from and How Did We Get Here? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(11), 2224-2227. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000938>
- Lee, E. H. (2010). Ca<sup>2+</sup> channels and skeletal muscle diseases. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 103(1), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2010.05.003>
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G.,

Steinacker, J., Urhausen, A., European College of Sport Science, & American College of Sports Medicine. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome : Joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186-205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>

Place, N., & Millet, G. Y. (2020). Quantification of Neuromuscular Fatigue : What Do We Do Wrong and Why? *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 50(3), 439-447. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01203-9>

Place, N., Yamada, T., Bruton, J. D., & Westerblad, H. (2010). Muscle fatigue : From observations in humans to underlying mechanisms studied in intact single muscle fibres. *European Journal of Applied Physiology*, 110(1), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1480-0>

Twomey, R., Aboodarda, S. J., Kruger, R., Culos-Reed, S. N., Temesi, J., & Millet, G. Y. (2017). Neuromuscular fatigue during exercise : Methodological considerations, etiology and potential role in chronic fatigue. *Neurophysiologie Clinique = Clinical Neurophysiology*, 47(2), 95-110. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2017.03.002>

Figure 1 :

<https://www.passeportsante.net/fr/Actualites/Dossiers/DossierComplexe.aspx?doc=10-super-aliments-anti-fatigue>

Figure 2 : [https://eps-cours.vinci.be/travaux/2016-2017/G72/co/Etirements\\_15.html](https://eps-cours.vinci.be/travaux/2016-2017/G72/co/Etirements_15.html)